



# Bir Samnyolu Tarifi

---

DR. Olcay PLEVNE  
İstanbul Üniversitesi

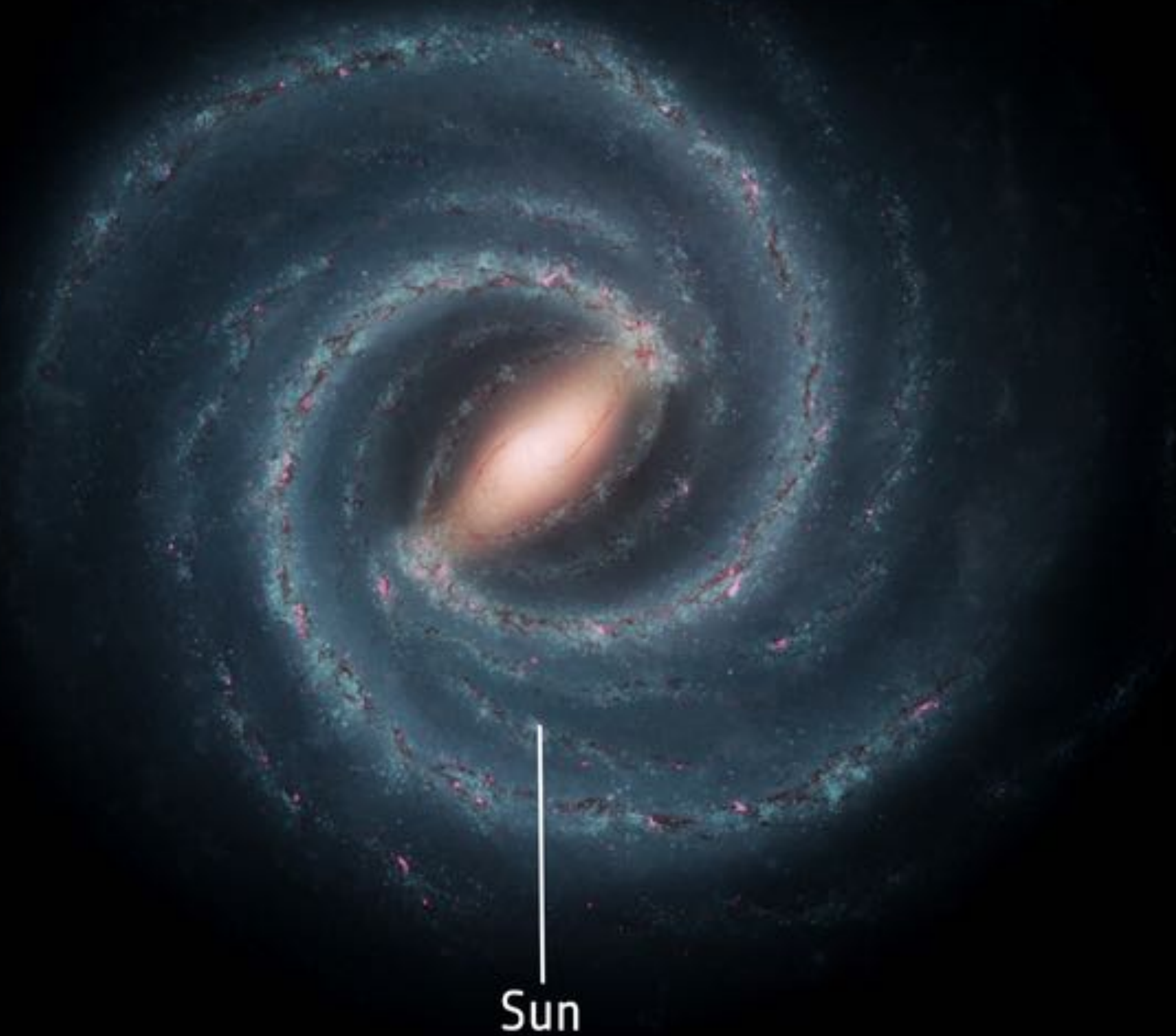
# AMAÇ

---

- Güneş civarından elde ettiğimiz gözlemsel veriye "Geciken İkili Çökme Modelini" uygulayarak, Galaksimizin bugün görülen gözlemsel özelliklerine geçmişinde hangi süreçlerden geçerek geldiğini bu modelin bakış açısıyla anlamayı ve açıklamayı amaçlıyoruz.
- Modelin gözlemlerle uymadığı yerleri varsa tespit ederek modelin gelişimine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.
- Özetle gördüğümüz kekin tarifini malzemeleri deneyerek arıyoruz.

# GALAKSİMİZ

## → ANATOMY OF THE MILKY WAY



Sun

Bulge

Globular clusters

Disc

Stellar halo

Sun

## **–Neden Güneş Civarı?**

**“Güneş civarının tanımını literatürde çok değişken olsa da genellikle Güneş’i merkez alan 1 kpc yarıçapa sahip bir uzay hacminden bahsediyoruz. Güneş’e yakın uzayı inceleyerek geri kalan kısım için çıkarım yapmayı amaçlıyoruz.”**

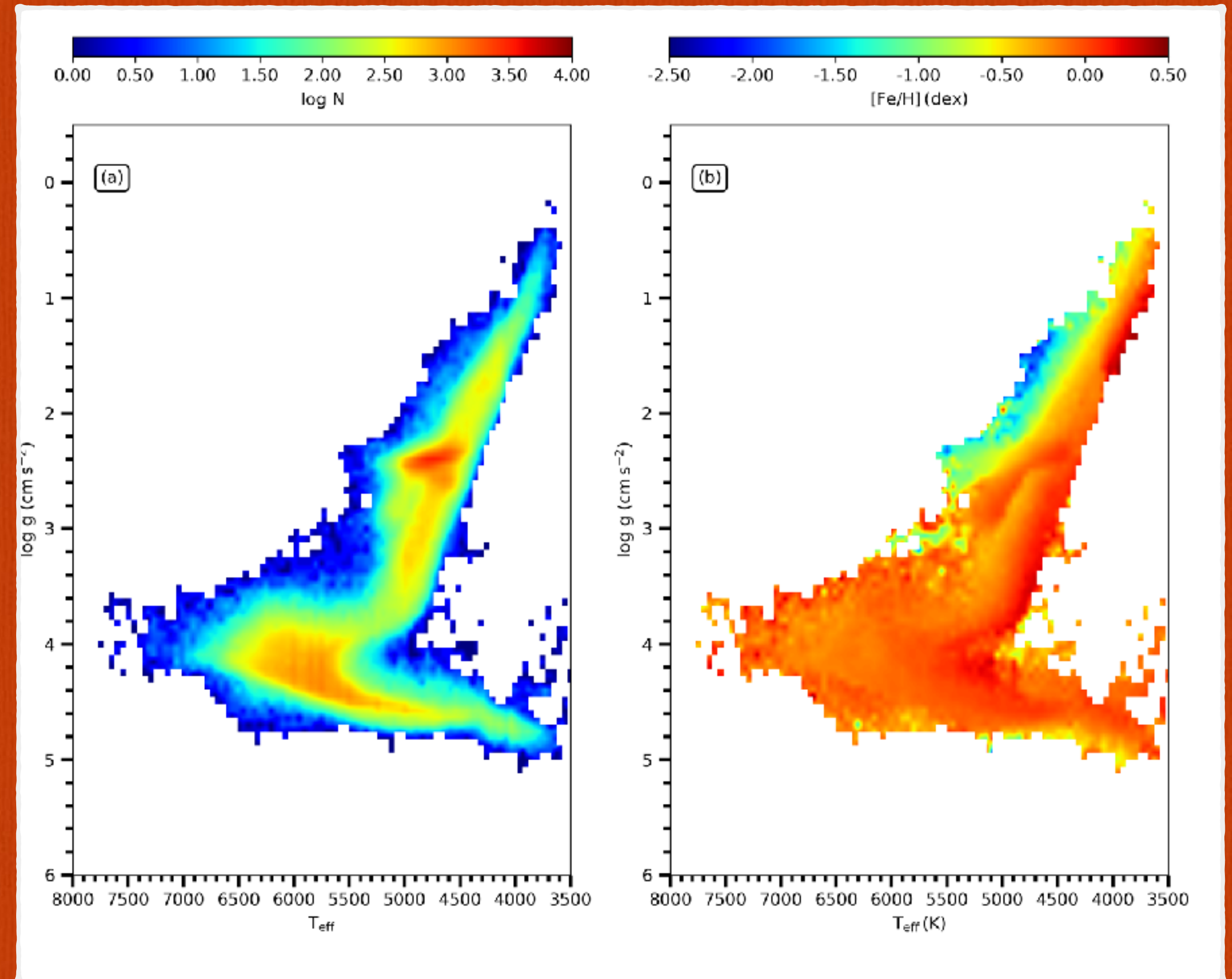
# Veri Seçimi

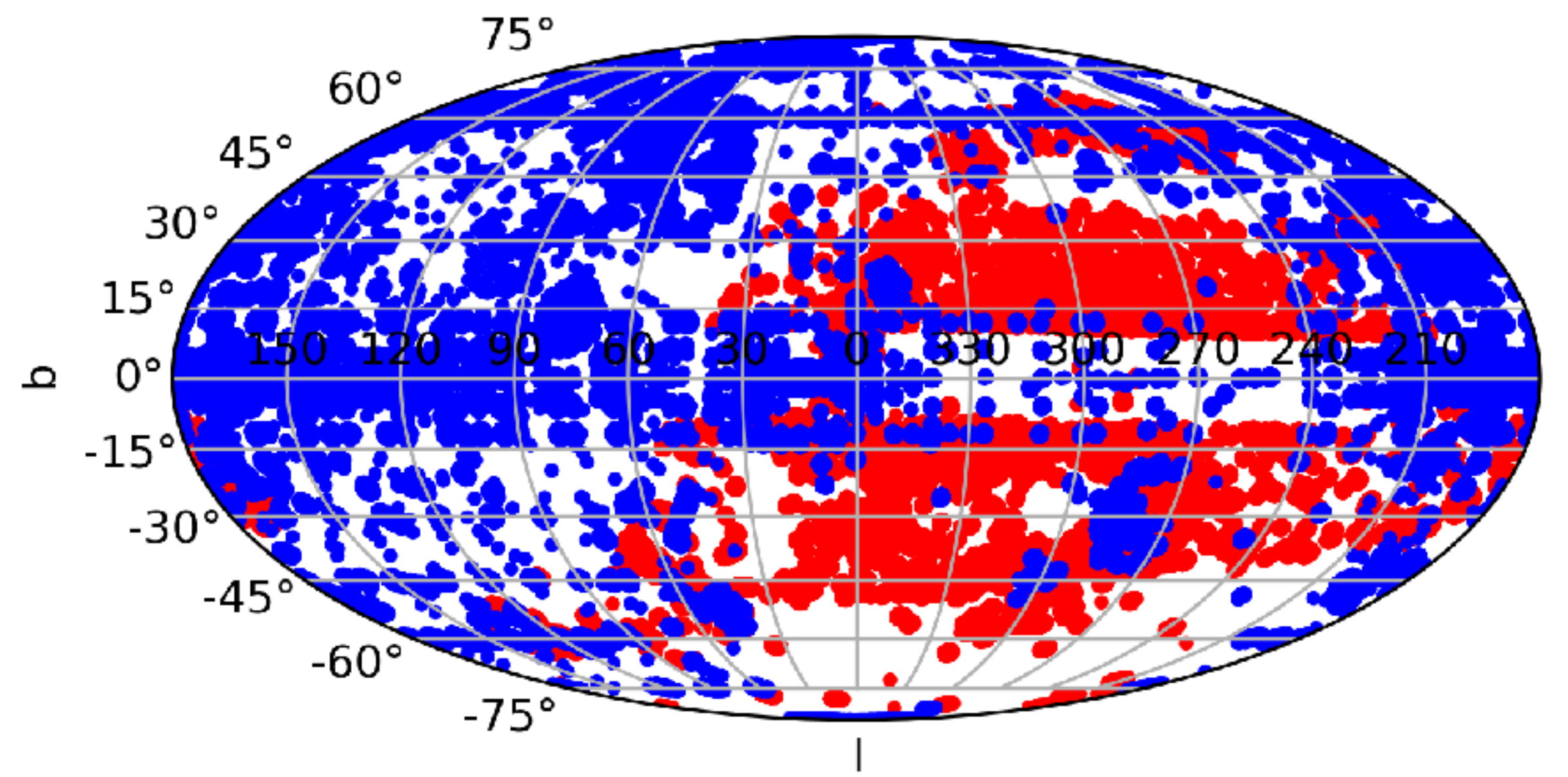
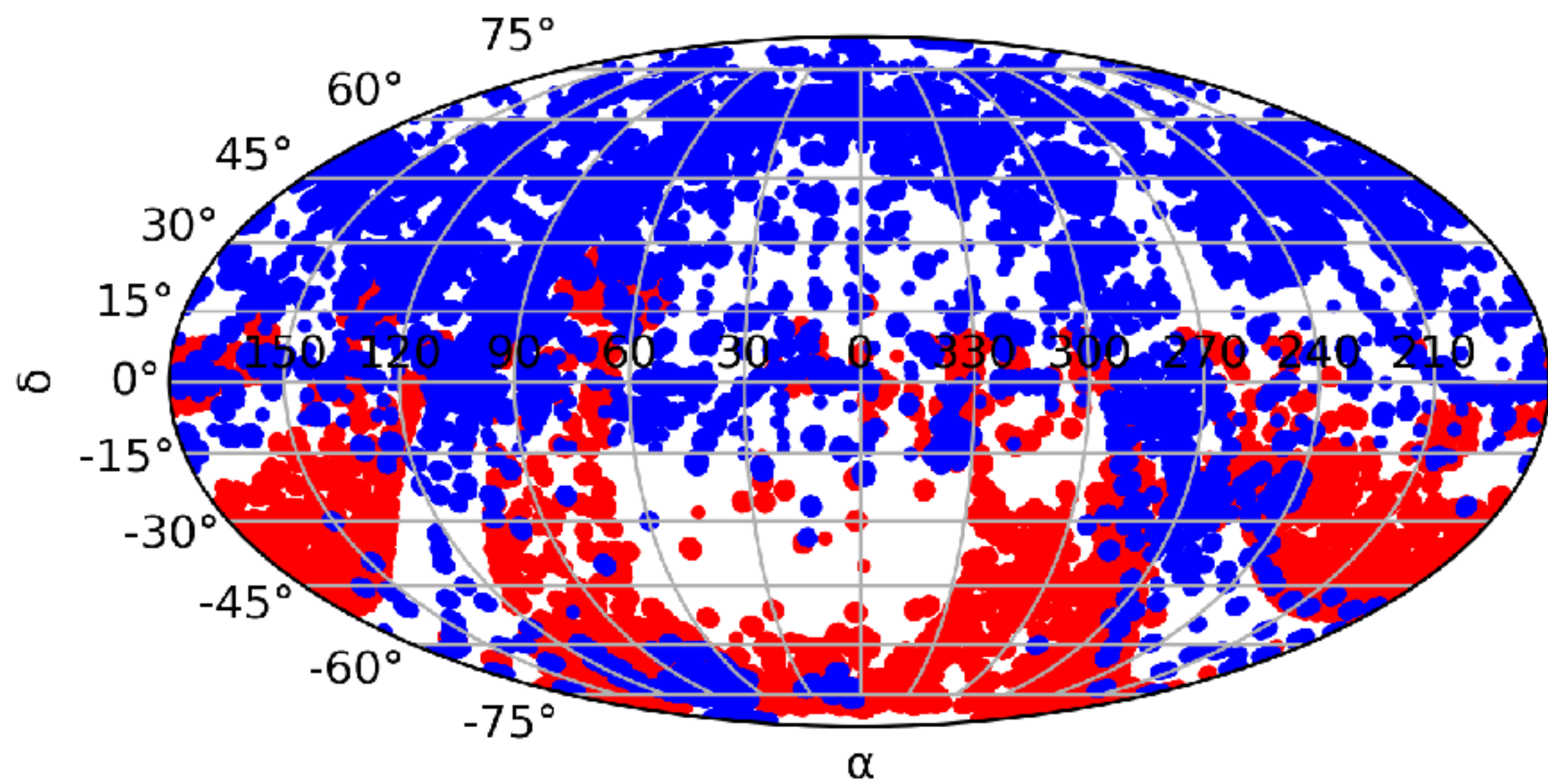
APOGEE-GALAH-GAIA

- APOGEE DR16
- GALAH DR3
- GAIA eDR3
- Sorunsuz tayf bilgisi  
 $T_{eff}, \log g, [Fe/H], [\alpha/Fe], \gamma$
- Yüksek S/N değerli ölçüm
- Yüksek duyarlıklı paralaks ve öz hareket  
 $\sigma_{\varpi}/\varpi \leq 0.1$
- Sorunsuz ölçümü yapılmış beş ortak element  
Mg, Ca, Ti, Si, Fe
- 254,678 yıldızdan oluşan ana katalog

# Veri Seçimi

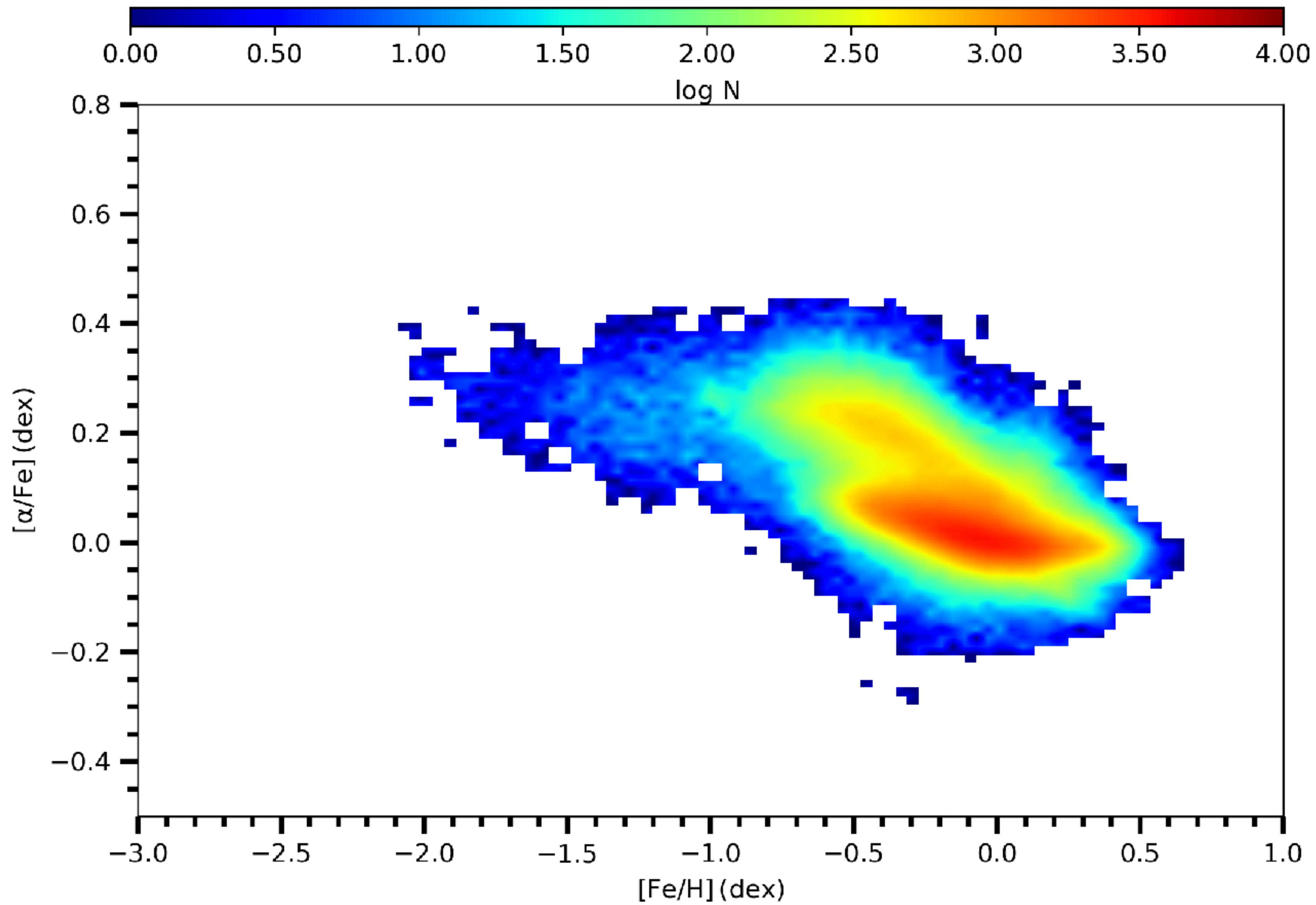
APOGEE-GALAH-GAIA





# APOGEE-GALAH-GAIA

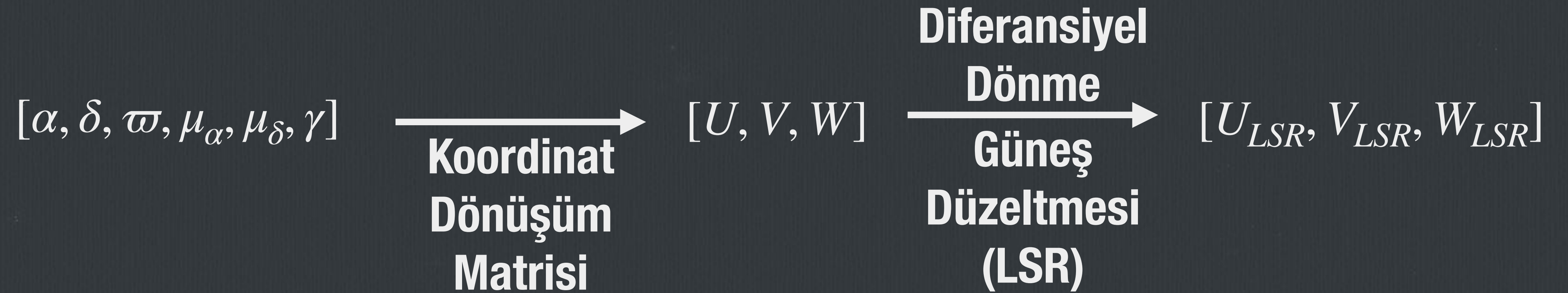
---



**APOGEE-GALAH-GAIA**



# Uzay Hızı Bileşenlerinin Hesaplanması



Johnson ve Soderblom (1987) Algoritması

# Galaktik Yörünge Parametrelerinin Hesaplanması

---

5 Gyr



galpy (Bovy, 2015)

# Bayes Yöntem ile Yıldız Yaşlarının Hesaplanması

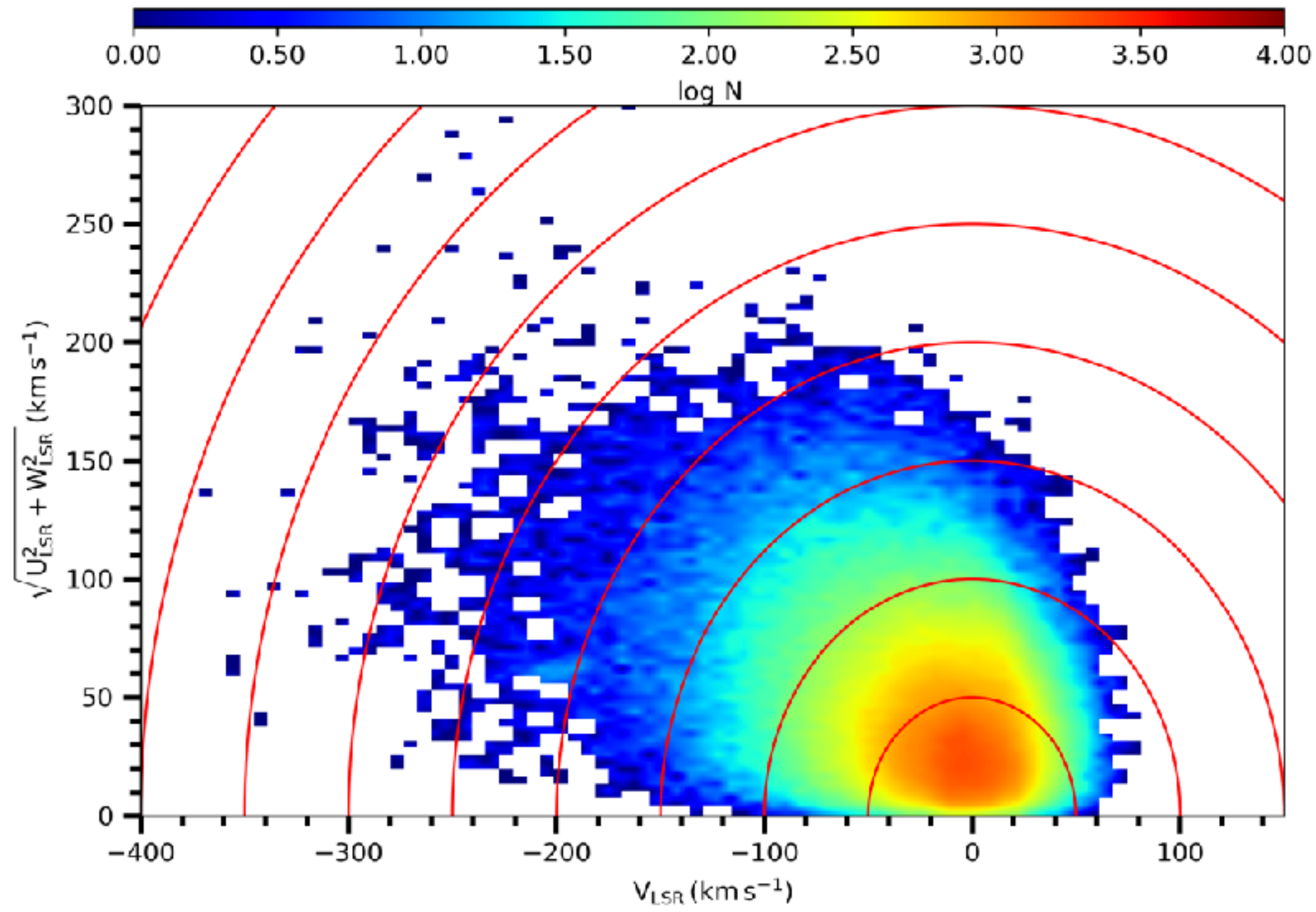
---



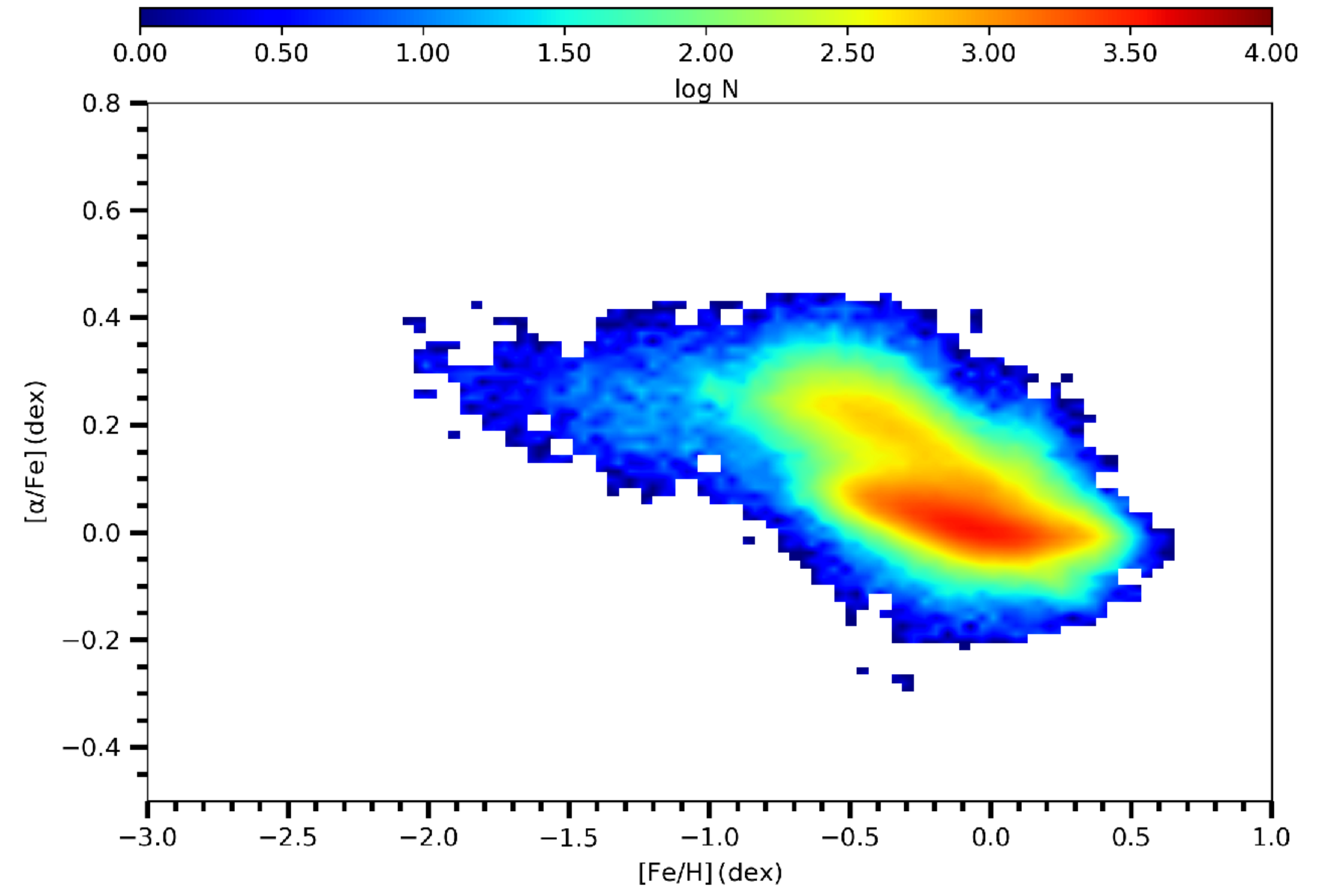
Pont ve Eyer (2004)  
Jørgensen ve Lindegren (2005)

# Kimyasal ve Kinematik Popülasyon Ayrımı

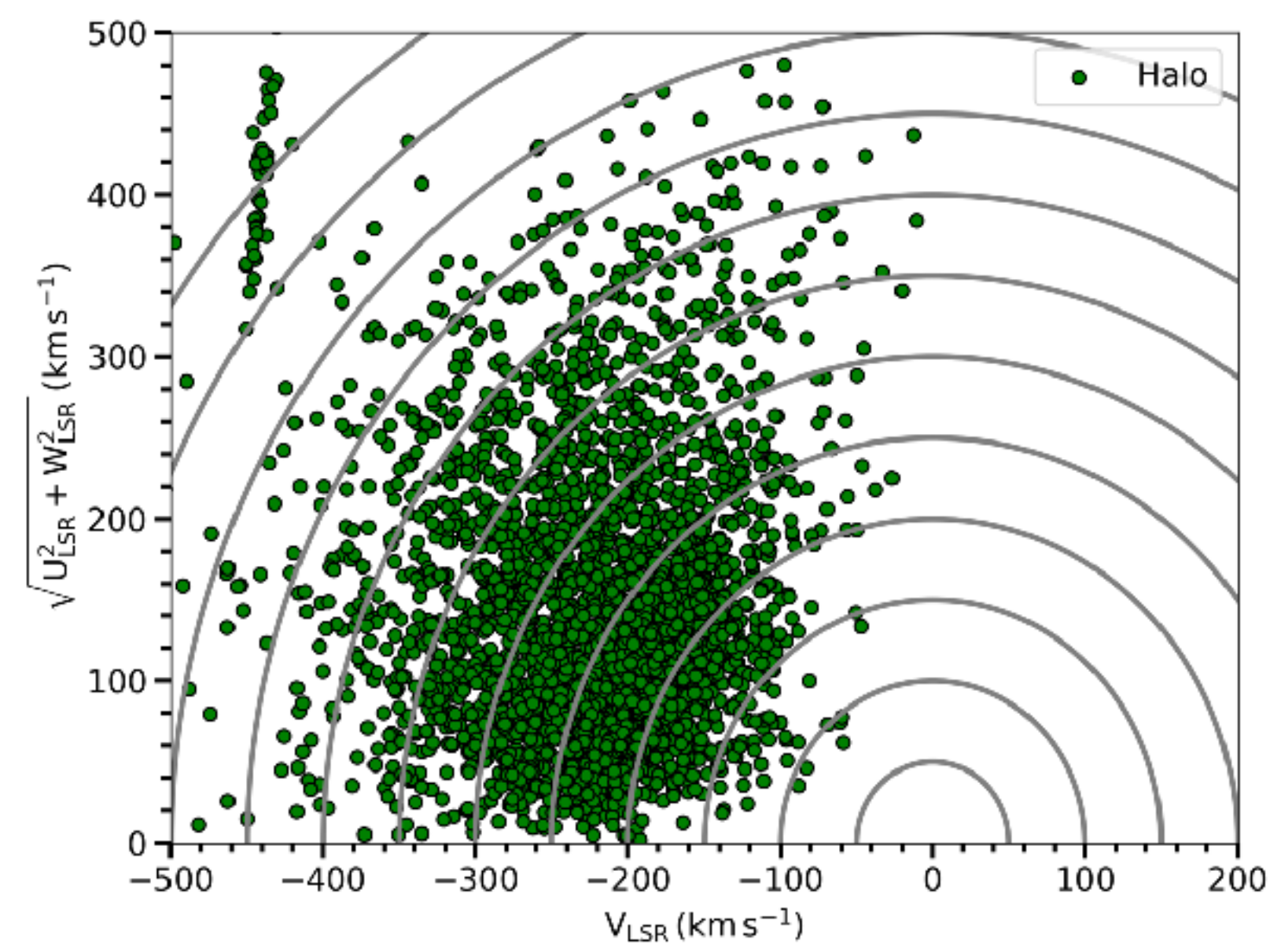
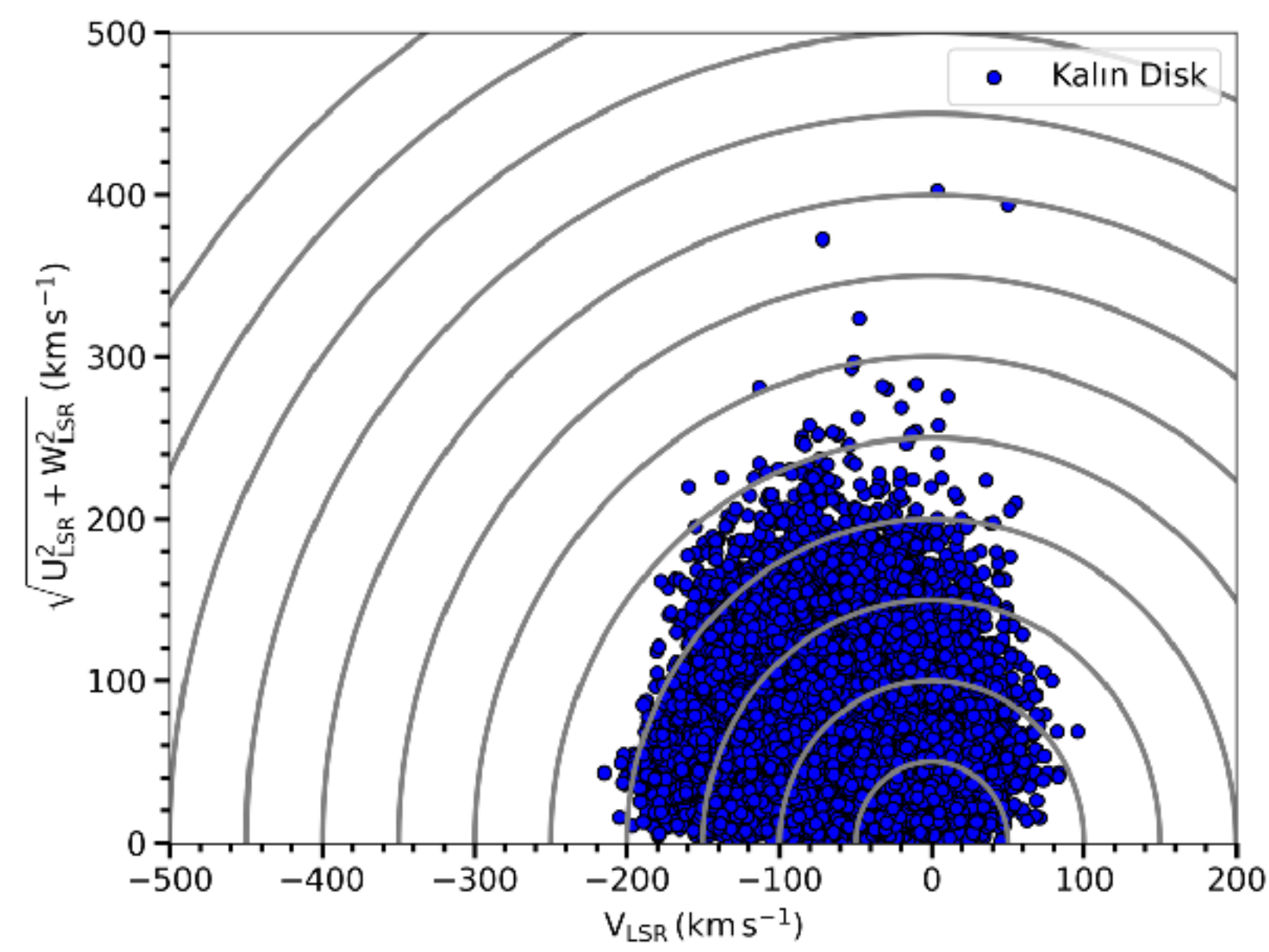
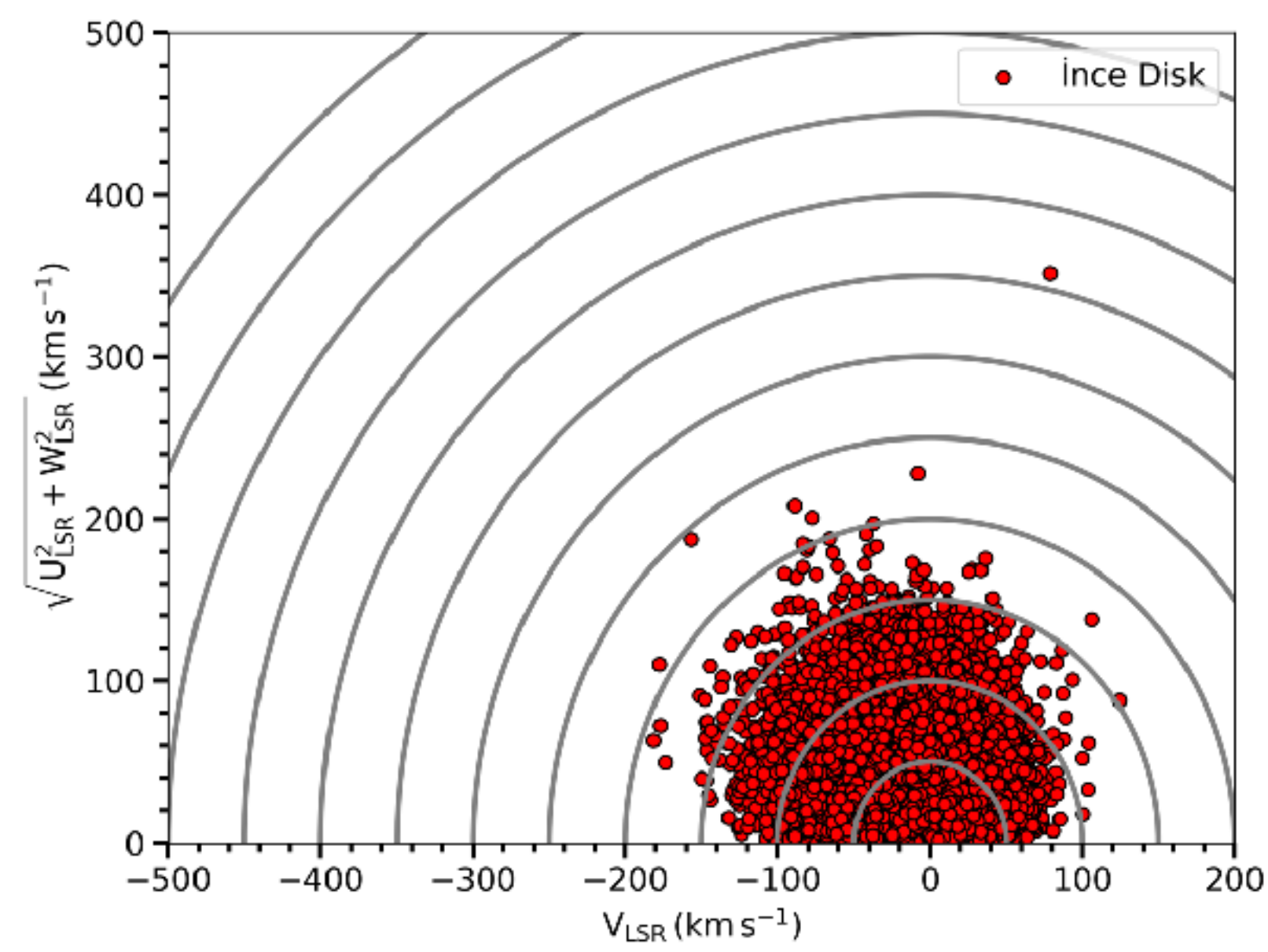
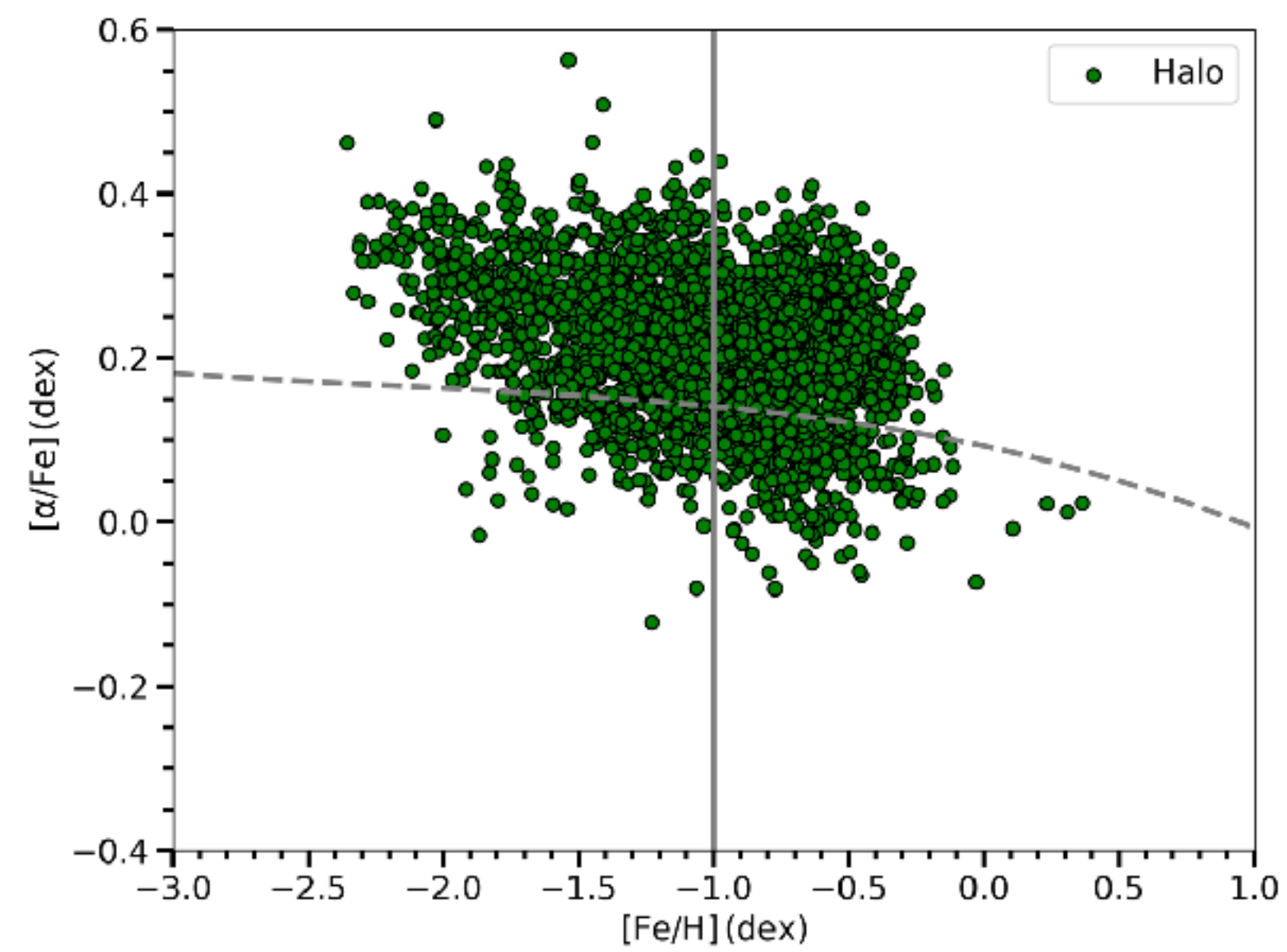
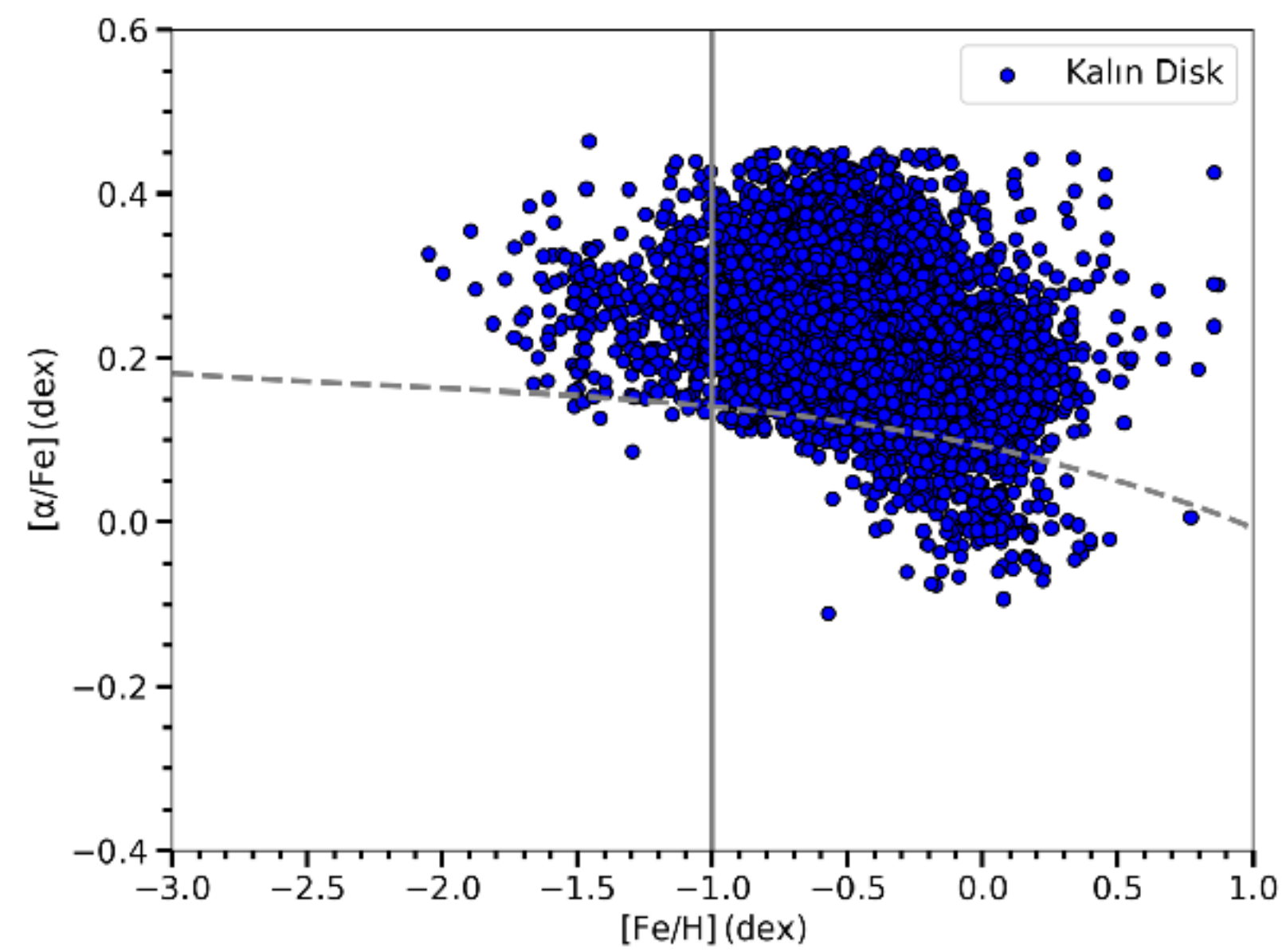
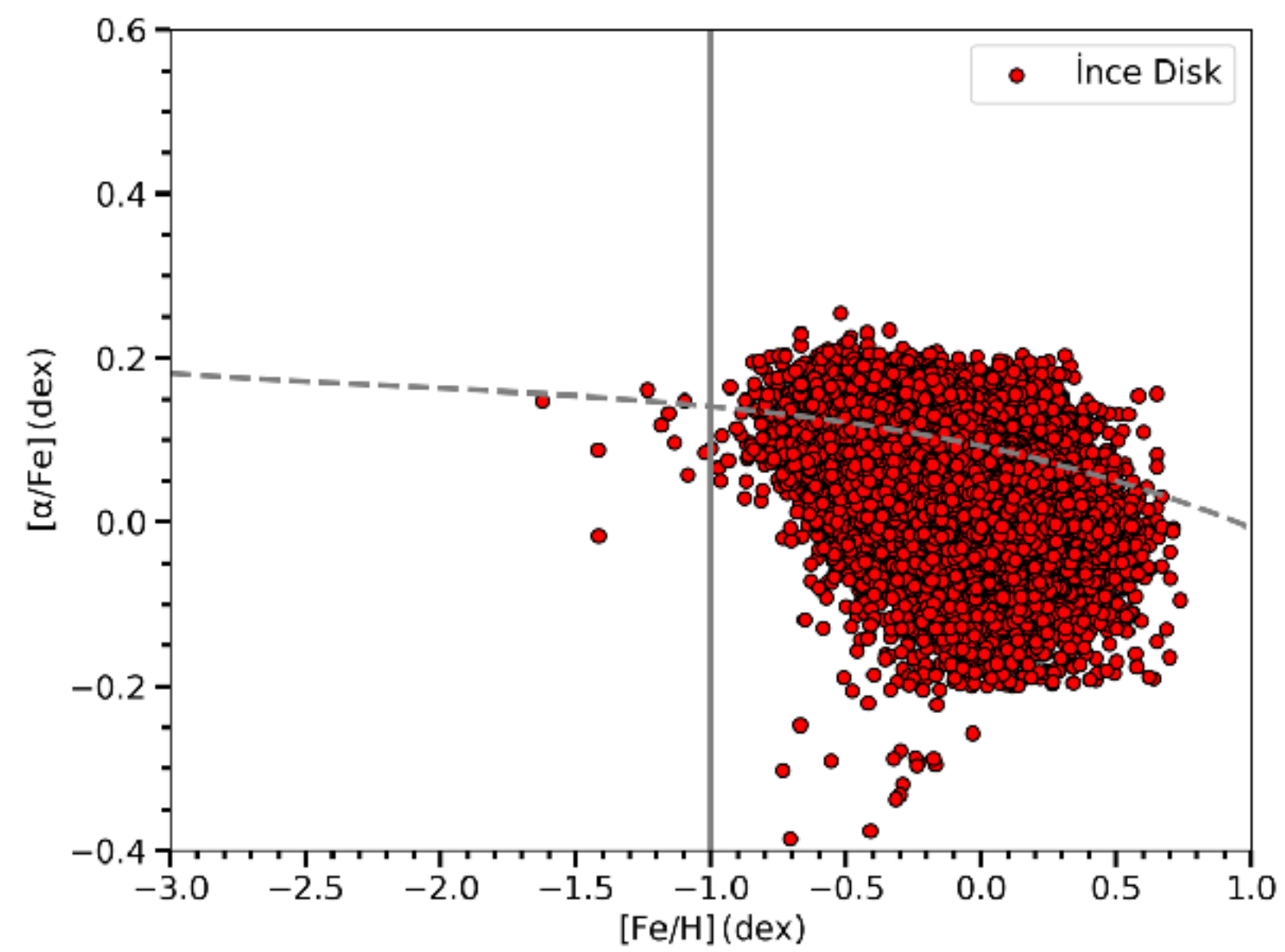
## Kinematik Düzlem



## Kimyasal Düzlem



Gauss Karışım Modeli





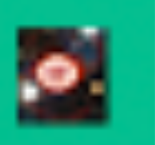

# Kimyasal ve Kinematik Popülasyon Ayrımı

Popülasyon	N	$U_{\text{LSR}}$ (km/s)	$V_{\text{LSR}}$ (km/s)	$W_{\text{LSR}}$ (km/s)	[Fe/H] (dex)	[ $\alpha$ /H] (dex)	$e_p$	$Z_{\text{max}}$ (kpc)	Yaş (Gyr)
İnce Disk	218,022	-3.02	-7.11	-1.21	-0.07	0.02	0.14	0.45	4.45
Kalın Disk	33,647	-7.58	-54.11	-1.21	-0.42	0.21	0.29	1.36	6.75
Halo	3,009	7.43	-213.57	-4.73	-0.97	0.23	0.81	3.75	12.75

# Radyal Göç

---

- Galaksinin eksen simetrik kütle çekimsel potansiyele sahip olmayan yapılarından kaynaklı (Bar, spiral kollar)
- Yörüngesindeki değişimler
- Doğduğu yarıçap bölgesinden ayrılma
- $|R_{GC} - R_{Guiding}| \leq 2 \text{ kpc}$  (Kubryk ve diğ., 2015)

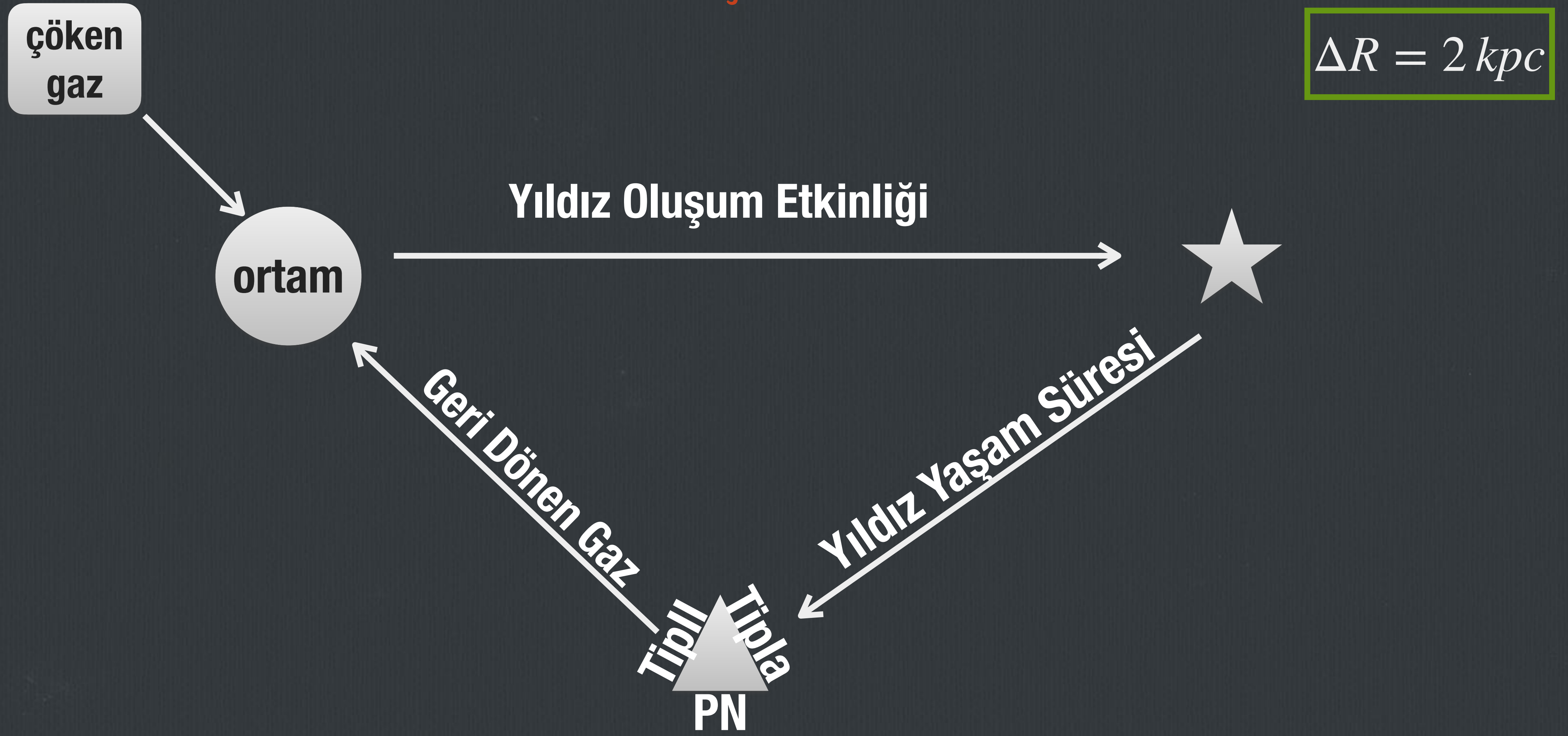
1 H	big bang fusion 										cosmic ray fission 					2 He						
3 Li	4 Be	merging neutron stars? 										exploding massive stars 					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 										exploding white dwarfs 					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr					
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe					
55 Cs	56 Ba	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra																					

# Kimyasal Evrim Modeli

Geciken İkili Çökme Modeli



# Geciken İkili Çökme Modeli



$$\Delta R = 2 \text{ kpc}$$

$$\dot{M}_g = -\dot{M}_* + \dot{M}_{infall} + \dot{M}_{recycle} - \dot{M}_{outflow} + \dot{M}_{inflow}$$

# Geciken İkili Çökme Modeli

$$\begin{aligned}\dot{G}_i(t) = & -\psi(r, t)Z_i(r, t) + \int_{M_L}^{M_{Bm}} \psi(t - \tau_m) Q_{mi}(t - \tau_m) \phi(m) dm \\ & + A_{Ia} \int_{M_{Bm}}^{M_{BM}} \phi(M_B) \left[ \int_{\mu_m}^{0.5} f(\mu) \psi(t - \tau_{m_2}) Q_{m_i}^{\text{SNIa}}(t - \tau_{m_2}) d\mu \right] dM_B \\ & + (1 - A_{Ia}) \int_{M_{Bm}}^{M_{BM}} \psi(t - \tau_m) Q_{mi}(t - \tau_m) \phi(m) dm \\ & + \int_{M_{BM}}^{M_U} \psi(t - \tau_m) Q_{mi}(t - \tau_m) \phi(m) dm \\ & + Z_{\mathcal{F}_i} \mathcal{F}_i(r, t)\end{aligned}$$

# Bayesçi Markov Chain Monte Carlo

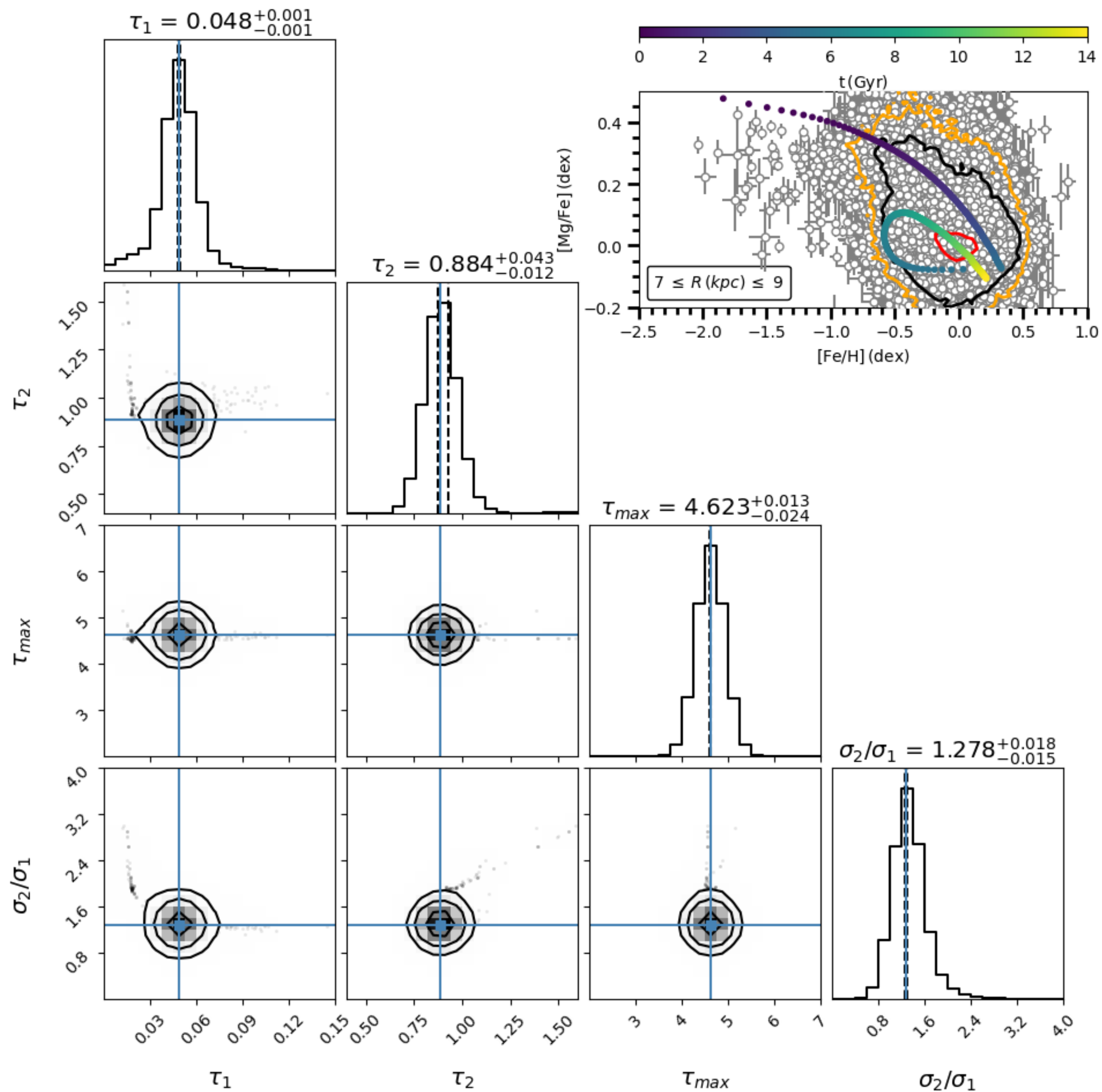
---

- emcee kütüphanesi
- TÜBİTAK ULAKBİM Yüksek Başarımlı ve Grid Hesaplama Merkezi (TRUBA)
- 100 yürüyücü (walkers) ve 1000 adım (step)
- 4 milyon simülasyon noktası
- 56 çekirdekli Hamsi sunucularında 12 saat
- Çok boyutlu uzayda ardıl dağılımlardan en olası çözümün bulunması (Hogg ve diğ., 2010)

# Güneş Civarının Kimyasal Evrimi

---

- 5-7 kpc (İç Bölge)
- 7-9 kpc (Güneş Civarı)
- 9-11 kpc (Dış Bölge)
- Geciken İkili Çökme Model ( $[Fe/H] \times [Mg/Fe]$ )
- $|R_{GC} - R_{Guiding}| \leq 2 \text{ kpc}$



## Model Sonuçları

	6 kpc	8 kpc	10 kpc
$\tau_1$ (Gyr <sup>-1</sup> )	$0.034^{+0.001}_{-0.001}$	$0.048^{+0.001}_{-0.001}$	$0.066^{+0.001}_{-0.001}$
$\tau_2$ (Gyr <sup>-1</sup> )	$0.592^{+0.015}_{-0.011}$	$0.884^{+0.043}_{-0.012}$	$0.853^{+0.006}_{-0.004}$
$\tau_{max}$ (Gyr)	$6.433^{+0.013}_{-0.027}$	$4.623^{+0.013}_{-0.024}$	$3.278^{+0.010}_{-0.009}$
$\sigma_2/\sigma_1$	$1.708^{+0.034}_{-0.034}$	$1.278^{+0.018}_{-0.015}$	$1.164^{+0.013}_{-0.013}$

# Model Sonuçları

## Güneş Civarı

	Model (t=9.5 Gyr)	Güneş (Asplund ve diğ.,2009)
A(Fe)	7.55	7.50±0.05
A(Mg)	7.65	7.60±0.05
A(Ca)	6.35	6.35±0.04
A(Ti)	4.94	4.95±0.05
A(Si)	7.55	7.51±0.04

□  $\sigma_* = 48.43 M_\odot/pc^{-2}$

□  $\sigma_{tot} = 52.28 M_\odot/pc^{-2}$

□  $\sigma_2/\sigma_1 = 1.278$

□  $\sigma_* = 47.1 \pm 3.4 M_\odot/pc^{-2}$   
(McKee ve diğ., 2015)

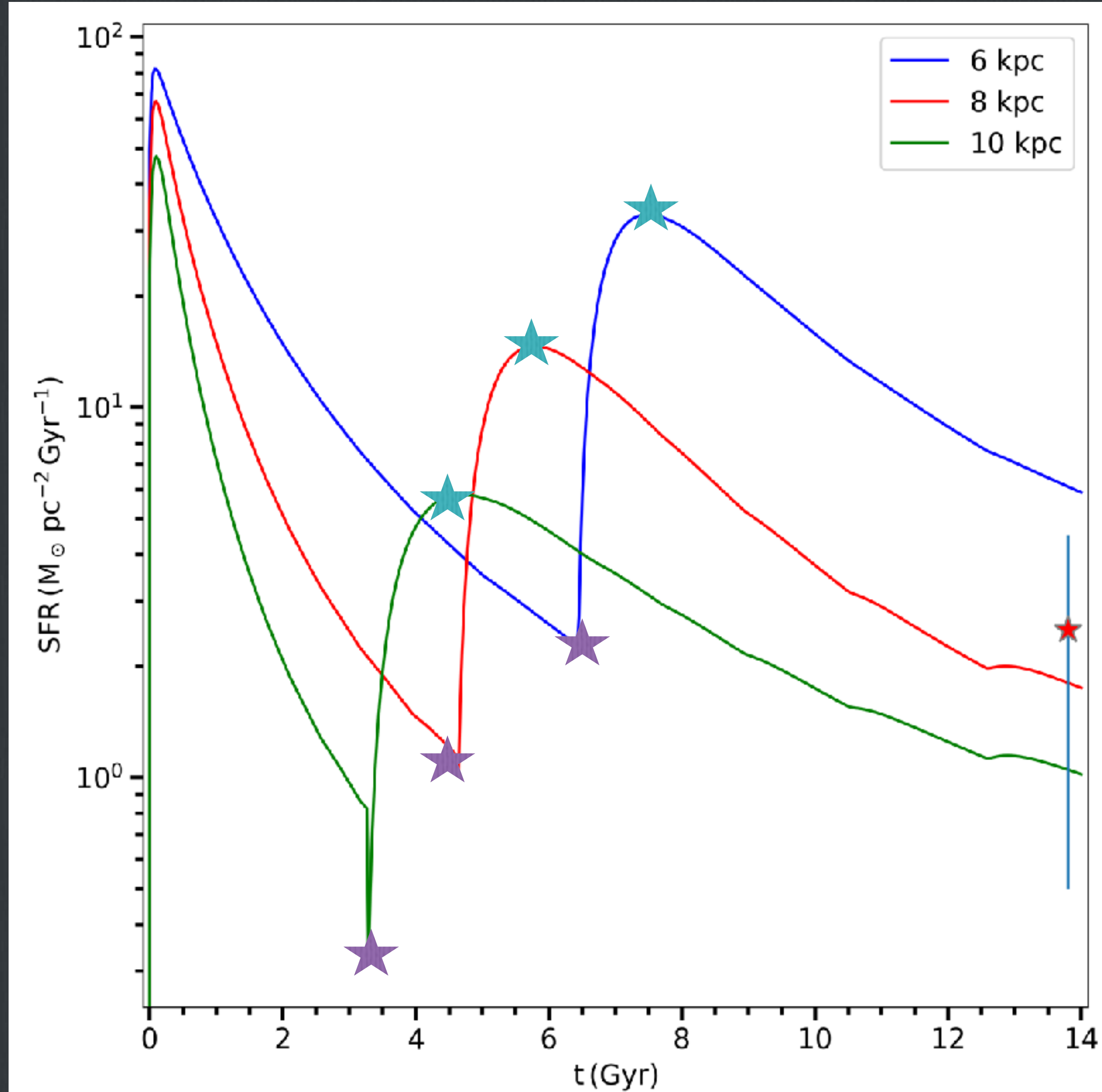
□  $\sigma_{tot} = 61 \pm 10 M_\odot/pc^{-2}$   
(Hagen & Helmi, 2018)

□  $\sigma_2/\sigma_1 = 1.28 \pm 0.13$   
(Hagen & Helmi, 2018)

# Diskin Kimyasal Evrimi

İçten Dışa Oluşum?

Dıştan İçe Oluşum?



★ : İnce Disk

★ : Kalın Disk



# Model Gradyent Öngöröleri

	Model						Gözlem			
	İnce Disk [X/H](R,t) (dex)			Kalın Disk [X/H](R,t) (dex)			Gradyent (dex kpc <sup>-1</sup> )		Gradyent (dex kpc <sup>-1</sup> )	
t (Gyr)	7.5	5.75	4.5	6.43	4.62	3.28	İnce Disk	Kalın Disk	İnce Disk	Kalın Disk
R (kpc)	[5, 7]	[7, 9]	[9, 11]	[5, 7]	[7, 9]	[9, 11]				
[Fe/H]	-0.29	-0.51	-0.57	0.46	0.43	0.4	-0.047±0.009	-0.010±0.001	-0.047±0.003	-0.010±0.002
[Mg/H]	-0.27	-0.45	-0.54	0.45	0.37	0.38	-0.047±0.008	-0.012±0.005	-0.050±0.002	-0.011±0.003
[Ca/H]	-0.07	-0.28	-0.34	0.68	0.65	0.62	-0.045±0.008	-0.010±0.001	-0.046±0.003	-0.009±0.003
[Ti/H]	-0.14	-0.35	-0.42	0.6	0.55	0.53	-0.047±0.008	-0.012±0.002	-0.050±0.002	-0.012±0.003
[Si/H]	0.08	-0.13	-0.2	0.83	0.78	0.76	-0.047±0.008	-0.012±0.002	-0.054±0.002	-0.015±0.002

Kendi içinde ve literatürle uyumlu.

# Literatüre Katkı

- Türkiye'de Kimyasal Evrim Modelinin çalışıldığı ilk tez çalışmasıdır.
- Makine öğrenmesi yöntemleri astrofizik problemlere uygulandı.
- Tezden çıkan makale ile Kırmızı Yığın yıldızların standart mum olma durumlarının popülasyonlarına bağlı olduğu gösterildi.
- Sonuçların ışınım gücüne bağlılığı test edildi.
- Kimyasal ve kinematik özellikleri dikkate alan yeni bir popülasyon ayırım yöntemi geliştirildi.
- Kalın diskte modellenen gözlemsel negatif element bolluğu gradyenti bulundu.
- İnce diskte görülen negatif element bolluğu gradyentinin içten dışa oluşum senaryosundan farklı olarak da açıklanabileceği gösterildi.
- İçten dışa evrim senaryosundan farklı olarak dıştan içe evrim senaryosuna uyan model bulguları elde edildi.

# Destekler ve Teşekkür

---

**Tez çalışmasını destekleyen:**

- TÜBİTAK 2211-C Öncelikli Alanlar Doktora Programına**
- 118F350 TÜBİTAK 1001 projesine**
- Hesaplamalar için altyapıyı sağlayan TRUBA'ya**

**teşekkürler.**



# TEŞEKKÜRLER

